

1. Camphausen KA, Lawrence RC. "Principles of Radiation Therapy" in Pazdur R, Wagman LD, Camphausen KA, Hoskins WJ (Eds) Cancer Management: A Multidisciplinary Approach. 11 ed. 2008.
2. "Treatment Types: Stereotactic Radiation Therapy". Rtnswers.com. 2010-01-04
3. <http://www.radiologyinfo.org/>
4. Bucci MK, Bevan A, Roach M (2005). "Advances in radiation therapy: conventional to 3D, to IMRT, to 4D, and beyond". CA Cancer J Clin 55 (2): 117–34.doi:10.3322/canjclin.55.2.117. PMID 15761080.
5. Рахманин Ю.А., Костылев В.А. «О развитии лучевой терапии в России»
6. <http://www.rosoncweb.ru/library/radiology/008.pdf>
7. В.М. Виноградов, «Перспективные методики лучевой терапии», 2007
8. О.Ю. Аникеева, Е.С. Половников и др. «Радиохирургия и лучевая терапия в Новосибирском НИИ патологии кровообращения им. академика Е.Н. Мешалкина, Новосибирск, 2010

ОЦЕНКА СИГНАЛОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА С ПОМОЩЬЮ МОНОФРАКТЛЬНОГО АНАЛИЗА

Кубланов В.С., Лабутина А.А., Борисов В.И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: vi.borisov.official@gmail.com

THE EVALUATION OF HEART RATE VARIABILITY SIGNALS USING MONOFRactal ANALYSIS

Kublanov V.S. Labutina A.A., Borisov V.I.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The comparison analysis of Hurst exponent indicators for short-term series of heart rate variability of four patients groups by different methods is presented. The consistent results obtained by both methods of estimation are shown. Change of the Hurst exponent corresponds to the dynamics of patient treatment.

Показатель Херста (H) является мерой самоподобия монофрактального процесса, изменения H характеризуются динамикой долгосрочных тенденций временного ряда (ВР). Существует несколько методов оценки показателя Херста, в данной работе применен метод накопленной дисперсии (МНД) расчета H одномерного фракционного броуновского движения (ФБД) [1].

Все рассматриваемые ВР были проверены на соответствие одномерному ФБД с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Ранее была показана возможность применения алгоритма расчета H одномерного ФБД для реальных ВР variability сердечного ритма (ВСР) [1]. Анализ проводился в Научно-исследовательском медико-биологическом инженерном центре высоких техно-

логий УрФУ для четырёх групп пациентов: больных артериальной гипертензией до лечения (46 человек); они же после 5 процедур, после 10 процедур лечения и практически здоровых людей (32 человека). Исходные данные сигналов ВСР длиной порядка 5 минут были любезно предоставлены к.м.н. Казаковым Я.Е.

Для каждого ВР ВСР пациентов из этих групп были получены оценки H и определены значения моды для каждой группы. Оказалось, что распределение дисперсий оценок H сосредоточено в основном в малых значениях, и максимальная дисперсия не превышает 0.089, что невелико в сравнении с самой оценкой. Это говорит о большой точности оценки показателя Херста.

Для оценки статистической значимости расчета показателя Херста по группам проведен сравнительный анализ двух методов вычисления по критерию Бленда-Альтмана [2]. При оценке этого критерия рассматривалось сравнение оценок МНД и второго метода – оценки показателя Херста по алгоритму Абри-Селлана (ААС), основанному на вейвлет-разложении [3].

В таблице представлены результаты анализа согласованности измерений H и моды распределений значений МНД для рассматриваемых групп пациентов.

Оценка согласованности измерений критерием Бленда-Альтмана и моды распределения H для четырех групп пациентов

Группа пациентов	Процент согласованности	Средняя разность двух методов	СКО разностей	Значение моды для МНД
До лечения	93,47%	0,0356	0,0594	0,7419
После 5 процедур	97,82%	0,0354	0,0721	0,7395
После 10 процедур	93,47%	0,0331	0,0589	0,6816
Здоровые	90,60%	-0,0463	0,0807	0,6830

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что расчет показателя Херста методом МНД дает возможность мониторировать динамику лечения групп пациентов с достаточной точностью и хорошо согласуется с оценкой H по ААС (статистическая согласованность > 90%).

1. Кубланов В.С., Борисов В.И., Поршнев С.В., Особенности применения методов нелинейной динамики для анализа сигналов вариабельности сердечного ритма, Биомед. рад., №8, С.30-37 (2014).
2. Гланц С.А., Медико-биологическая статистика, М.:Практика, 459с. (1998).
3. Flandrin P., Wavelet analysis and synthesis of fractional Brownian motion, IEEE Trans. on Inf. Th., Pp. 910–917 (1992).